

PUI の操作における手のゆらぎの計測と解析

征矢一輝*¹ 萩谷優輝*² 長谷川智也*² 山田光宏*²

A Study on Measurement and Analysis of Fluctuations in Hand Movement in Playing a Perceptual User Interface Based Game

Kazuki Soya*¹, Yuuki Hagiya*², Tomoya Hasegawa*², and Mitsuhiro Yamada*²

Abstract - Developing Perceptual User Interface (PUI) system using gesture recognition is an emerging area within HCI. In this study, the setting of a PUI system to play a simple game using Leap Motion and real-time 3DCG is investigated. As a pointer in the PUI, a photorealistic hand, i.e., self-avatar is compared to a disk which has fixed shape like conventional GUI. Previous works on mouse movement during playing GUI based simple games showed that the movement is close to $1/f$ fluctuation during smooth coping, i.e., ready-to-hand, while the movement is close to $1/f^0$ fluctuation during disruption by perturbation, i.e., unready-to-hand. In order to examine the setting of the PUI pointer, fluctuations in hand movement were measured and analyzed. As a result, the fluctuations were relatively close to $1/f$ type in the case with the self-avatar, while the fluctuations were relatively close to $1/f^0$ type in the case with the disk. It is considered that the state of ready-to-hand was observed in the case with the self-avatar, while the state of unready-to-hand was observed in the case with the disk. Therefore, the self-avatar is more suitable than the disk for the pointer in the PUI based game.

Keywords: Perceptual User Interface, Fluctuation, Hand movement, Self-avatar, Real-time 3DCG

1. はじめに

近年、ナチュラルユーザインタフェース(NUI)およびリアルタイム 3DCG を用いた Perceptual User Interface (PUI) が検討されている。一方、GUI のマウスによる 2 次元での操作における手のゆらぎにおいて、手とマウス、ポインタが一体化した「用具的」なときには比較的 $1/f$ 型に近いゆらぎがみられ、雑音加わりポインタの動きがマウス操作のみに依らない「非用具的」なときには比較的 $1/f^0$ 型に近いゆらぎがみられることが報告されている。本研究では、PUI による簡単なゲームにおけるポインタの設定に関して比較検討するために、PUI の操作における被験者の手の動作のゆらぎの計測し解析する。視覚による情報が優勢になるという脳の特徴から、ポインタの形状は、フォトリアルな手すなわち自己アバターとしたほうが用具的となる傾向がみられると考えられる。このためポインタに自己アバターを用いた場合と、比較対象として従来の GUI と同様に一定で単純な形状である円盤を用いた場合について検討する。

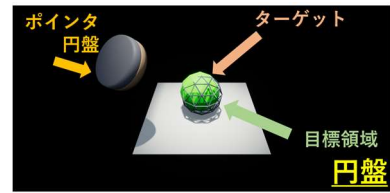
2. 実験設定の検討

NUI に Leap Motion 社の Leap Motion を、3DCG に Epic Games 社の Unreal Engine 4 を用いた。実験では、図 1(a) と (b) に示すような自己アバターと円盤の 2 つのポインタを用いて簡単なゲームを被験者に実行させ、その際の被験者の右手の手のひらの 3 次元座標を Leap Motion により標準化周波数 60(Hz) で計測した。本ゲームでは、ターゲットが目標領域内に留まるよう、被験者の右手によりポイ

ンタを操作させた。ターゲットの速度ベクトルは、図 1(c) に示すようにポインタからターゲットへ向かうベクトル ($\vec{t}_n - \vec{p}_n$) に雑音加わったものである。ここで n は離散時間、 \vec{t}_n と \vec{p}_n はターゲットとポインタの位置ベクトル、 \vec{RA}_n は雑音となる乱数である。 b は雑音の大きさを決



(a)



(b)

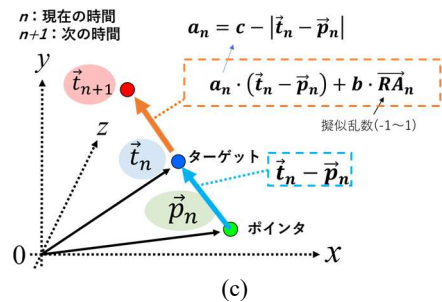


図 1 ゲームの設定: (a)自己アバタの場合、(b)円盤の場合、(c)ターゲットの速度ベクトル

Fig.1 Game settings: (a)Self-avatar, (b)Disk, (c)Velocity vector of the target.

*1: 茨城大学大学院 理工学研究科

*2: 茨城大学 工学部

*1: Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

*2: College of Engineering, Ibaraki University

定する定数である。cは定数であり、被験者がポインタを比較的操作しやすいように設定した。ゲームにおいては、初めに雑音が小さい状態(Phase1)が15秒間続き、次に雑音が大きい状態(Phase2)が15秒間続き、30秒後に計測は終了する。計測された時系列から、被験者の右手の加速度の大きさ $a(t)$ を求めて解析する。

まず予備実験により、前述以外の実験の設定を検討した。図2(a)に示すように、手のひらをターゲットに向けたまま連続してターゲットの周りに360度回転させることは不可能であり、手のひらを反す必要があった。このため、右手の移動が半球内に限定されるようターゲットの移動範囲を図2(b)のような半球内に設定した。次に本研究室内において4名の被験者を対象に実施した予備実験により、用具的あるいは非用具的な状態を実現するための雑音の大きさを決定する b を設定した。用具的な状態に相当する Phase1 に220を用いることとし、非用具的な状態に相当する Phase2 に1000を用いることとした。

3. 計測と解析

2で述べた設定を用いて、ポインタとして自己アバタを用いた場合と円盤を用いた場合の2つの被験者実験を実施した。感性評価実験は茨城大学工学部生命倫理委員会の許可(許可番号:17T0300)を得た後に実施した。被験者はインフォームドコンセントが得られた44名であった。計測された時系列から、被験者の右手の x 軸方向、 y 軸方向、 z 軸方向の加速度 $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$ を求め、次式により加速度の大きさ $a(t)$ を求めた。

$$a(t) = \sqrt{(a_x(t))^2 + (a_y(t))^2 + (a_z(t))^2} \quad (1)$$

得られた $a(t)$ の例を図3に示す。次に、 $a(t)$ のゆらぎを解析するため、フラクタル時系列解析法のひとつであり、比較的短い時系列のゆらぎの解析に適するとされている Detrended Fluctuation Analysis (DFA) を適用した。DFAにより得られる DFA 動揺量の例を図4に示す。DFA 動揺量の近似直線の傾き、すなわちスケーリング指数 H が1に近いときは $1/f$ ゆらぎ、0.5に近いときは $1/f^0$ ゆらぎとされる。44名の被験者についての H の平均値を図5に示す。自己アバタの場合および円盤の場合における H の平均値を、それぞれ、 H_H および H_D とする。Phase1とPhase2における H_H と H_D の間での差の大きさを検討するため、有意水準5%での t 検定による有意差の検定と効果量 d の算出を行った。算出した p 値と効果量 d を表1に示す。Phase1では、 p 値が有意水準より小さく有意差があるといえ、また、効果量 d が0.5以上であり差の大きさが中程度である。一方Phase2では、 p 値が有意水準より大きく有意差があるといえず、また、効果量 d が0.1未満であり差がないといえる。以上により、Phase1においては、自己アバタの場合においては比較的 $1/f$ ゆらぎに近く用具的であったと考えられ、円盤の場合においては比較的 $1/f^0$ 型に近く非用具的であったと考えられる。それに対してPhase2においては、自己アバタの場合と円盤の場合との間に差がなく、両方ともに $1/f^0$ 型に近く非用具的であったと考えられる。

4. まとめ

PUIによる簡単なゲームにおけるポインタの設定に関して比較検討するために、被験者の手のゆらぎを計測し、解析した。雑音が大きい場合においては、ポインタとして自己アバタを用

いたときと円盤を用いたときに差がなく、どちらも非用具的であったと考えられる。しかしながら雑音が小さい場合においては、円盤を用いたときは非用具的であったが、自己アバタを用いたときは用具的であったと考えられる。このため PUI による本ゲームにおけるポインタには、円盤と比較し自己アバタのほうが適すると考えられる。

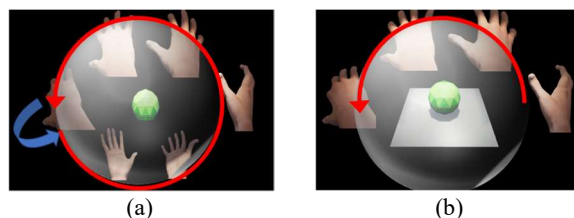


図2 予備実験によるターゲットの移動範囲の検討：(a)全球内、(b)半球

Fig.2 Examining range of movement of the target through preliminary experiment: (a)Sphere, (b)Hemisphere.

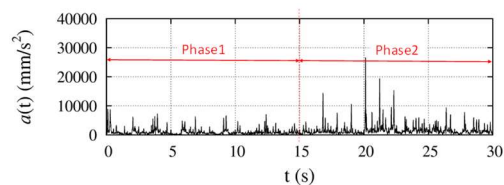


図3 時間に対する $a(t)$

Fig.3 $a(t)$ against time.

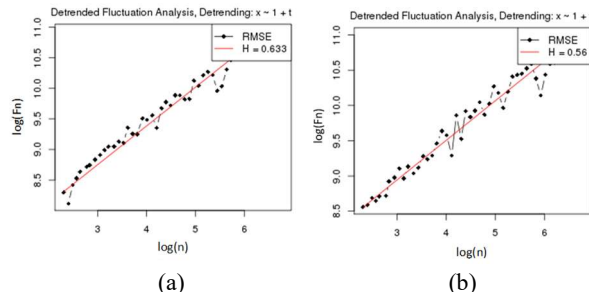


図4 スケーリング指数の例：(a)Phase1、(b)Phase2

Fig.4 The DFA scaling exponent: (a)Phase1, (b)Phase2.

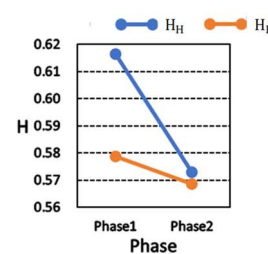


図5 $a(t)$ の各 Phase における H の平均値

Fig.5 The average value of H in each phase of $a(t)$

表1 各 Phase における p 値と効果量 d

Table 1 p -values and effect size d in each phase.

	Phase1	Phase2
p 値	0.008	0.890
効果量 d	0.51	0.03